

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Kedudukan Taksonomi dan Kandungan Buah Naga Merah

Buah naga atau *dragon fruit* atau buah pitaya berbentuk bulat lonjong seperti nanas yang memiliki sirip warna kulitnya merah jambu dihiasi sulur atau sisik seperti naga (Gambar 1). Buah ini termasuk dalam keluarga kaktus, yang batangnya berbentuk segitiga dan tumbuh memanjat. Batang tanaman ini mempunyai duri pendek dan tidak tajam. Bunganya seperti terompet putih bersih, terdiri atas sejumlah benang sari berwarna kuning. Buah naga memiliki beberapa spesies. Ada empat jenis buah naga: (1) *Hylocereus undatus* atau *white* pitaya. Kulitnya merah dan daging buah putih, (2) *Hylocereus polyrhizus* kulitnya merah, daging merah keunguan, (3) *Hylocereus costaricensis*, daging buahnya lebih merah, dan (4) *Selenicereus megalanthus*, jenis ini kulit buahnya kuning tanpa sisik, sehingga cenderung lebih halus (Panjuantiningrum, 2009).

Menurut Panjuantiningrum (2009), kedudukan taksonomi buah naga merah adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Superdivisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Subkelas	: Hamamelidae
Ordo	: Caryophyllales
Famili	: Cactaceae
Genus	: <i>Hylocereus</i>
Spesies	: <i>Hylocereus polyrhizus</i>



Gambar 1. Tumbuhan Buah naga merah *Hylocereus polyrhizus* (kiri) dan buah (kanan) (Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2014)

Buah naga dapat dipanen saat buah mencapai umur 50 hari terhitung sejak bunga mekar. Pemanenan pada tanaman buah naga dilakukan pada buah yang memiliki ciri - ciri warna kulit merah mengkilap, jumbai atau sisik berubah warna dari hijau menjadi kemerahan. Musim panen terbesar buah naga terjadi pada bulan September hingga Maret (Dinas Pertanian Jawa Timur, 2007). Buah naga merah termasuk golongan yang rajin berbuah, namun tingkat keberhasilan bunga menjadi buah kecil hanya mencapai 50%, sehingga produktivitas buahnya cenderung rendah (Panjuantiningrum, 2009).

Buah kaktus madu (buah naga) cukup kaya dengan berbagai zat vitamin dan mineral yang dapat membantu meningkatkan daya tahan tubuh. Penelitian menunjukkan buah naga merah sangat baik untuk sistem peredaran darah. Buah naga juga dapat untuk mengurangi tekanan emosi dan menetralkan toksik dalam darah. Penelitian juga menunjukkan buah ini dapat

mencegah kanker usus, selain mengandung kolestrol yang rendah dalam darah dan pada waktu yang sama menurunkan kadar lemak dalam tubuh. Secara keseluruhan, setiap buah naga merah mengandung protein yang mampu mengurangi metabolisme badan dan menjaga kesehatan jantung, serat (mencegah kanker usus, kencing manis, dan diet), karotene (kesehatan mata, menguatkan otak, dan mencegah penyakit), kalsium (menguatkan tulang), dan fosferos. Buah naga juga mangandung zat besi untuk menambah darah, vitamin B1 (mengawal kepanasan badan), vitamin B2 (menambah selera), vitamin B3 (menurunkan kadar kolestrol), dan vitamin C (Zain, 2006). Kandungan zat gizi buah naga dapat dilihat di Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan zat gizi buah naga merah per 100 gram

Komponen	Kadar
Air (g)	82,5 – 83
Protein (g)	0,16 – 0,23
Lemak (g)	0,21 – 0,61
Serat (g)	0,7 – 0,9
Betakaroten (mg)	0,005 – 0,012
Kalsium (mg)	6,3 – 8,8
Fosfor (mg)	30,2 – 36,1
Besi (mg)	0,55 – 0,65
Vitamin B1 (mg)	0,28 – 0,30
Vitamin B2 (mg)	0,043 – 0,045
Vitamin C(mg)	8 – 9
Niasin (mg)	1,297 – 1,300

Sumber : *Taiwan Food Industry Development and Research Authorities* dalam (Panjuantiningrum, 2009).

## B. Senyawa Antioksidan dan Manfaatnya

Antioksidan adalah senyawa-senyawa yang mampu menghilangkan, membersihkan, menahan pembentukan ataupun memadukan efek spesies oksigen reaktif (Lautan,1997). Penggunaan senyawa antioksidan juga anti radikal saat ini semakin meluas seiring dengan semakin besarnya pemahaman masyarakat tentang

peranannya dalam menghambat penyakit degeneratif seperti penyakit jantung, arteriosklerosis, kanker, serta gejala penuaan. Masalah-masalah ini berkaitan dengan kemampuan antioksidan untuk bekerja sebagai inhibitor (penghambat) reaksi oksidasi oleh radikal bebas reaktif yang menjadi salah satu pencetus penyakit-penyakit di atas (Tahir dkk., 2003).

Fungsi utama antioksidan digunakan sebagai upaya untuk memperkecil terjadinya proses oksidasi dari lemak dan minyak, memperkecil terjadinya proses kerusakan dalam makanan, memperpanjang masa pemakaian dalam industri makanan, meningkatkan stabilitas lemak yang terkandung dalam makanan serta mencegah hilangnya kualitas sensori dan nutrisi. Lipid peroksidasi merupakan salah satu faktor yang cukup berperan dalam kerusakan selama dalam penyimpanan dan pengolahan makanan (Hernani dan Raharjo, 2005). Antioksidan tidak hanya digunakan dalam industri farmasi, tetapi juga digunakan secara luas dalam industri makanan, industri petroleum, industri karet dan sebagainya (Tahir dkk, 2003).

Antioksidan dalam bahan makanan dapat berasal dari kelompok yang terdiri atas satu atau lebih komponen pangan, substansi yang dibentuk dari reaksi selama pengolahan atau dari bahan tambahan pangan yang khusus diisolasi dari sumber-sumber alami dan ditambahkan ke dalam bahan makanan. Adanya antioksidan alami maupun sintetis dapat menghambat oksidasi lipid, mencegah kerusakan, perubahan dan degradasi komponen organik dalam bahan makanan sehingga dapat memperpanjang umur simpan (Rohdiana, 2001).

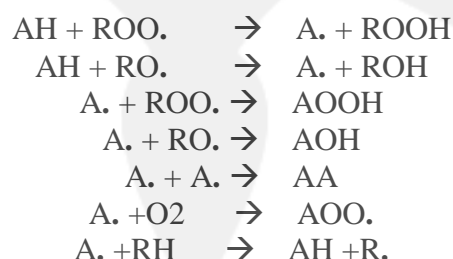
Tubuh manusia menghasilkan senyawa antioksidan, tetapi jumlahnya sering kali tidak cukup untuk menetralkan radikal bebas yang masuk ke dalam tubuh (Hernani dan Rahardjo, 2005). Sebagai contoh, tubuh manusia dapat menghasilkan *Glutathione*, salah satu antioksidan yang sangat kuat, hanya tubuh memerlukan asupan vitamin C sebesar 1.000 mg untuk memicu tubuh menghasilkan *glutathione* ini. Kekurangan antioksidan dalam tubuh membutuhkan asupan dari luar. Bila mulai menerapkan pola hidup sebagai vegetarian akan sangat membantu dalam mengurangi resiko keracunan akibat radikal bebas. Keseimbangan antara antioksidan dan radikal bebas menjadi kunci utama pencegahan stress oksidatif dan penyakit-penyakit kronis seperti jantung koroner dan kolesterol yang dihasilkan (Kuncahyo dan Sunardi, 2012).

Berdasarkan sumbernya, antioksidan dibedakan dalam dua kelompok, antioksidan alami dan sintetik. Antioksidan alami merupakan antioksidan yang diperoleh dari hasil ekstraksi bahan alami atau terbentuk dari reaksi-reaksi kimia selama proses pengolahan (Santoso, 2005). Antioksidan alami dapat diperoleh dari beragam sumber bahan pangan, seperti sayur-sayuran, buah-buahan, rempah-rempah, dan lain-lain. Contoh dari antioksidan alami adalah vitamin C, vitamin E, dan  $\beta$ -karoten. Menurut Santoso (2005), senyawa antioksidan alami dalam tumbuhan umumnya adalah senyawa fenolik dan polifenolik, seperti golongan flavonoid, turunan asam sinamat, kumarin, tokoferol, dan asam-asam organik polifungsional. Golongan flavonoid yang memiliki fungsi sebagai antioksidan meliputi flavon, flavanol, isoflavon, katekin dan kalkon, sedangkan turunan asam

sinamat meliputi asam kafeat, asam ferulat, asam klorogenat, dan lain-lain (Santoso, 2005).

Flavonoid merupakan senyawa polifenol yang terdapat pada teh, buah-buahan, sayuran, anggur, bir dan kecap (Kuncahyo dan Sunardi, 2012). Kekurangan salah satu komponen tersebut akan menyebabkan terjadinya penurunan status antioksidan secara menyeluruh dan berakibat perlindungan tubuh terhadap serangan radikal bebas melemah, sehingga terjadilah berbagai macam penyakit seperti kolesterol dan diabetes. Pemeriksaan status antioksidan tubuh sekarang menjadi suatu piranti diagnostik yang penting. Pemeriksaan ini dapat dilakukan melalui pengukuran yaitu Status Antioksidan total, Superoksida Dismutase dan Glutation Peroksidase (Wijaya, 1997).

Menurut (Hartanto, 2012)., mekanisme kerja senyawa antioksidan adalah mengkelat ion logam, menghilangkan oksigen radikal, memecah reaksi rantai inisiasi, menyerap energi oksigen singlet, mencegah pembentukan radikal, menghilangkan dan atau mengurangi jumlah oksigen yang ada. Mekanisme reaksi senyawa antioksidan pada Gambar 2.



Gambar 2. Mekanisme Reaksi Senyawa Antioksidan  
Sumber : (Hartanto,2012).

Keterangan :

AH = antioksidan ROO. = radikal peroksil

RH = lemak atau minyak tak jenuh R. = radikal asam lemak tak jenuh

Berdasarkan struktur kimianya antioksidan terbagi menjadi antioksidan enzim dan vitamin. Antioksidan enzim meliputi superoksida dismutase (SOD), katalase dan glutathione peroksidase (GSH.Prx). Antioksidan vitamin lebih populer sebagai antioksidan dibandingkan enzim. Antioksidan vitamin mencakup alfa tokoferol (vitamin E), beta karoten dan asam askorbat (vitamin C) yang banyak didapatkan dari tanaman dan hewan (Kunahyo dan Sunardi, 2012).

Berdasarkan fungsinya, antioksidan dibedakan menjadi tiga, yaitu: antioksidan primer, sekunder, dan tersier. Antioksidan primer berperan dalam menghentikan reaksi rantai radikal bebas dengan berfungsi sebagai pendonor atom H atau elektron pada radikal bebas dan berdampak pada pembentukan produk yang lebih stabil. Antioksidan primer (AH) dapat memutuskan tahap inisiasi dengan bereaksi dengan sebuah radikal bebas atau menghambat reaksi propagasi dengan cara bereaksi dengan radikal peroksil atau alkoksida (Madhavi dan Salmakhe, 1995 dalam Sari, 2005). Contoh antioksidan yang memiliki mekanisme ini adalah tokoferol, flavonoid dan asam askorbat, sedangkan BHA, BHT dan TBHQ merupakan contoh antioksidan primer yang dibuat secara sintetik (Hartanto, 2012).

Antioksidan sekunder berperan dalam mengikat atau mengkelat ion logam, sebagai penangkal oksigen, mengubah hidroperoksida menjadi molekul non-radikal, menyerap radiasi UV, dan menginaktifkan oksigen singlet. Antioksidan tersier adalah antioksidan yang berfungsi memperbaiki kerusakan sel dan jaringan yang disebabkan oleh radikal bebas. Contoh dari antioksidan tersier adalah enzim

DNArepair dan metionin sulfoksida reduktase yang berperan dalam perbaikan biomolekul yang disebabkan oleh radikal bebas (Hartanto, 2012).

### C. Senyawa Antioksidan dalam Buah Naga Merah

Buah naga atau *dragon fruit* mempunyai kandungan zat bioaktif yang bermanfaat bagi tubuh diantaranya antioksidan (dalam asam askorbat, betakaroten, dan antosianin), serta mengandung serat pangan dalam bentuk pektin. Selain itu, dalam buah naga terkandung beberapa mineral seperti kalsium, fosfor, besi, dan lain-lain. Vitamin yang terdapat di dalam buah naga antara lain vitamin B1, vitamin B2, vitamin B3, dan vitamin C (Farikha dkk., 2013). Kandungan zat antioksidan dari buah naga merah dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan Zat Antioksidan Buah Naga

Buah	TSP ( $\mu\text{g GA/g puree}$ )	TAA ( $\text{mg/100g puree}$ )	ORAC ( $\mu\text{M TE/g puree}$ )	DPPH ( $\mu\text{g GA/g puree}$ )
Buah naga merah	$1075,8 \pm 71,7$	$55,8 \pm 2,0$	$7,6 \pm 0,1$	$134,1 \pm 30,1$
Buah naga putih	$523,4 \pm 33,6$	$13,0 \pm 1,5$	$3,0 \pm 0,2$	$34,7 \pm 7,3$

(Sumber : Mahattanatawee dkk., 2006)

Keterangan :

TSP : Total *Soluble Phenolic*

TAA : Total *Ascorbic Acid*

ORAC : *Oxygen Radical Absorbance Capacity*

DPPH : 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl

Buah naga merah memiliki betalains yang mengandung fenolik dan struktur non-fenolik yang bertanggung jawab untuk kapasitas antioksidan utama *Hylocereus* ungu, sedangkan fenolik non-betalainik menyumbang senyawa hanya sampai batas kecil yaitu  $7,21 \pm 0,02$  mg CE/100 gram. Betalains terkait dengan *anthocyanin* (yaitu turunan flavonoid), pigmen kemerahan yang ditemukan di kebanyakan tanaman. Namun, betalains secara struktural dan kimia seperti

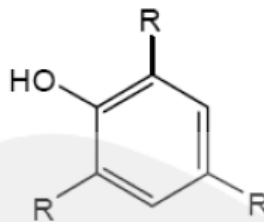


*anthocyanin* karena mengandung nitrogen sedangkan *anthocyanin* tidak (Nurliyana dkk.,2010). Flavonoid yang terkandung dalam buah naga meliputi quercetin, kaempferol, dan isorhamnetin (Panjuantiningrum, 2009).

Buah naga biasanya dikonsumsi oleh orang-orang secara langsung atau diproses menjadi jus. Oleh karena itu, produk sampingan utama buah naga adalah kulitnya. Betalains di pulp spesies *Hylocereus* ungu bertanggung jawab atas kapasitas antioksidan utama dan kulit juga mengandung lebih atau kurang sifat antioksidan karena warna yang sama. Dengan demikian, baik kulit dan buah dapat bermanfaat terutama dalam makanan (Nurliyana dkk., 2010).

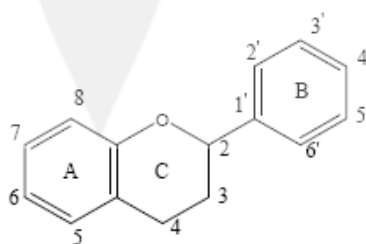
#### **D. Senyawa Fenol dan Flavonoid dalam Buah Naga Merah**

Senyawa fenol didefinisikan secara kimia sebagai adanya paling tidak satu cincin aromatik yang membawa satu (fenol) atau lebih (polifenol) gugus hidroksil. Polifenol adalah kelompok zat kimia yang ditemukan pada tumbuhan. Zat ini memiliki tanda khas yakni memiliki banyak gugus fenol dalam molekulnya. Turunan polifenol sebagai antioksidan dapat menstabilkan radikal bebas dengan melengkapi kekurangan elektron yang dimiliki radikal bebas, dan menghambat terjadinya reaksi berantai dari pembentukan radikal bebas. Mekanisme senyawa polifenol sebagai antioksidan adalah dengan mendonorkan hidrogen dari gugus hidroksilnya. Polifenol merupakan komponen yang berperan terhadap aktivitas antioksidan dalam buah dan sayuran (Hattenschwiler, 2000). Struktur dasar polifenol dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur Dasar Polifenol  
(Apak dkk., 2007)

Senyawa flavonoida merupakan senyawa polifenol yang mengandung 15 atom karbon dalam inti dasarnya, yang tersusun dalam konfigurasi  $C_6C_3C_6$ , yaitu 2 cincin aromatik yang dihubungkan oleh satuan 3 karbon yang dapat atau tidak dapat membentuk cincin ketiga (Markham, 1988). Senyawa fenol biasanya terdapat dalam berbagai jenis sayuran, buah-buahan dan tanaman. Turunan senyawa fenol merupakan metabolit sekunder terbesar yang diproduksi oleh tanaman. Senyawa ini diproduksi dalam tanaman melalui jalur sikimat dan metabolisme fenil propanoid. Senyawa fenol dapat memiliki aktivitas antioksidan, antitumor, antiviral, dan antibiotik (Apak dkk., 2007). Diantara senyawa fenol alami yang telah diketahui lebih dari seribu stuktur, flavonoid merupakan golongan terbesar (Subeki, 1998). Flavonoid terbagi menjadi 7 kelompok, yaitu antosianin, proantosianin, isoflavon, flavonon, flavonol, flavanol, dan flavon. Flavonoid memiliki aktivitas antioksidan di dalam tubuh sehingga disebut bioflavonoid. Sistem penomoran untuk turunan flavonoida adalah:



Gambar 4. Struktur Penomoran turunan Flavonoid  
(Apak dkk., 2007).

### **E. Minuman Fermentasi sebagai Produk Pangan Fungsional**

Minuman fermentasi probiotik adalah minuman yang dibuat dengan memanfaatkan bakteri probiotik untuk membantu proses fermentasi bahan pangan (Winarno, 2003). Minuman probiotik dikenal sebagai produk pangan fungsional karena mampu mendukung fungsi saluran cerna manusia. Beberapa manfaat mengonsumsi minuman probiotik diantaranya adalah meningkatkan sistem kekebalan tubuh, mempercepat waktu transit makanan, menurunkan keparahan diare, mengatasi masalah *lactose intoleran*, alergi, kanker kolon, menurunkan kolesterol, menurunkan tekanan darah, memperlambat proses penuaan, serta mencegah infeksi urogenital (Schrezenmeir dan Vrese, 2001).

Produk minuman probiotik yang umumnya lebih dikenal masyarakat di pasaran adalah yoghurt, akan tetapi, Schrezenmeir dan Vrese (2001) menyatakan bahwa tidak semua yoghurt sama dengan minuman probiotik. Hal ini disebabkan karena bakteri asam laktat yang terkandung dalam yoghurt tradisional tidak mampu bertahan hidup ketika mencapai usus halus.

Menurut Waspodo (2007), *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* tidak berpotensi sebagai bakteri probiotik karena kedua bakteri tersebut tidak mampu bertahan terhadap kondisi asam lambung dan garam empedu usus. Oleh karena itu, ada beberapa hal yang harus diperhatikan agar bakteri probiotik mampu bertahan hidup dan aktif ketika masuk ke dalam organ gastrointestinal, yaitu keadaan psikologis bakteri probiotik, kondisi fisik produk, komposisi kimiawi produk, dan interaksi antara bakteri probiotik dengan kultur starter atau interaksinya dengan medium fermentasi (Chapman dan Hall, 1997).

Sejauh ini minuman probiotik belum memiliki SNI, akan tetapi minuman probiotik dapat disejajarkan dengan minuman susu fermentasi. Syarat mutu minuman susu fermentasi berperisa menurut SNI 7552 : 2009 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Syarat Mutu Minuman Susu Fermentasi Berperisa

No.	Kriteria uji	Satuan	Persyaratan			
			Tanpa perlakuan panas setelah fermentasi		Dengan perlakuan panas setelah fermentasi	
			Normal	Tanpa lemak	Normal	Tanpa lemak
1.	Keadaan					
1.1	Penampakan	-	Cair		Cair	
1.2	Bau	-	Normal / khas		Normal / khas	
1.3	Rasa	-	Asam / khas		Asam / khas	
1.4	Homogenitas	-	Homogen		Homogen	
2.	Lemak (b/b)	%	Min 0,6	Maks 0,5	Min 0,6	Maks 0,5
3.	Padatan susu tanpa lemak	%	Min 3,0		Min 3,0	
4.	Protein (Nx6,38) (b/b)	%	Min 1,0		Min 1,0	
5.	Abu (b/b)	%	Maks 1,0		Maks 1,0	
6.	Keasaman tertitrasi (dihitung sebagai asam laktat) (b/b)	%	0,2 s.d 0,9		0,2 s.d 0,9	
7.	Cemaran logam					
7.1	Timbal (Pb)	mg/kg	Maks 0,02		Maks 0,02	
7.2	Merkuri (Hg)	mg/kg	Maks 0,03		Maks 0,03	
8.	Cemaran Arsen (As)	mg/kg	Maks 0,1		Maks 0,1	
9.	Cemaran mikrobial					
9.1	Bakteri coliform	APM/ml	Maks 10		Maks 10	
9.2	<i>Salmonella</i> sp./25 ml	-	Negatif		Negatif	
9.3	<i>Listeria monocytogenes</i> /25 ml	-	Negatif		Negatif	
10.	Kultur starter	Koloni/ml	Min 1 x 10 <sup>6</sup>			

Sumber : SNI 7552 : 2009

Standar internasional untuk jumlah bakteri asam laktat harus terkandung dalam suatu minuman probiotik adalah minimal  $10^7$  sel/ml. Angka tersebut menunjukkan jumlah minimal bakteri asam laktat yang harus terkandung dalam produk minuman probiotik agar dapat memberikan efek kesehatan bagi saluran pencernaan manusia (Davidson dkk., 2000).

#### **F. Bakteri Asam Laktat Sebagai Probiotik**

Bakteri asam laktat (BAL) yaitu jenis bakteri yang mampu memetabolisme laktosa untuk menghasilkan asam laktat. Bakteri asam laktat memegang peranan penting dalam proses fermentasi. Fermentasi yang melibatkan bakteri asam laktat ini disebut fermentasi asam laktat. Fermentasi asam laktat pada umumnya terjadi dalam kondisi kekurangan (anaerobik fakultatif) atau tanpa oksigen sama sekali (obligat anaerob). Berdasarkan produk hasil akhir metabolismenya, bakteri asam laktat dikelompokkan menjadi BAL homofermentatif dan heterofermentatif. BAL homofermentatif memproduksi asam laktat sebagai hasil utama fermentasinya, sedangkan BAL heterofermentatif menghasilkan asam laktat, karbondioksida, dan senyawa diasetil (Surono, 2004).

Bakteri asam laktat memiliki dua habitat ekologi, yaitu pada saluran pencernaan manusia atau hewan dan produk makanan atau minuman, baik sebagai kontaminan alami maupun sengaja ditambahkan untuk tujuan fermentasi (Mäyrä-Mäkinen dan Bigret, 1998). Aplikasi BAL dalam produk makanan dan minuman sudah cukup banyak dilakukan, terutama pada produk-produk pangan fungsional. Tujuan penggunaan BAL ini pada umumnya adalah untuk menambah nilai fungsional produk yaitu fungsi perlawanan terhadap bakteri patogen dalam

saluran pencernaan (probiotik). Pertumbuhan BAL dipengaruhi oleh banyak faktor, diantaranya ialah keberadaan oksigen, kandungan air bebas (aW), komposisi kimia dan ketersediaan substrat pada media pertumbuhan, total padatan, temperatur lingkungan pertumbuhan, dan keberadaan mikroba patogen awal (Surono, 2004).

Sebagian besar BAL dapat tumbuh sama baiknya di lingkungan yang memiliki dan tidak memiliki O<sub>2</sub> (tidak sensitif terhadap O<sub>2</sub>), sehingga termasuk anaerob aerotoleran. Bakteri yang tergolong dalam BAL memiliki beberapa karakteristik tertentu yang meliputi: tidak memiliki porfirin dan sitokrom, katalase negatif, tidak melakukan fosforilasi transpor elektron, dan hanya mendapatkan energi dari fosforilasi substrat. Hampir semua BAL hanya memperoleh energi dari metabolisme gula sehingga habitat pertumbuhannya hanya terbatas pada lingkungan yang menyediakan cukup gula atau bisa disebut dengan lingkungan yang kaya nutrisi. Kemampuan mereka untuk menghasilkan senyawa (biosintesis) juga terbatas dan kebutuhan nutrisi kompleks BAL meliputi asam amino, vitamin, purin, dan pirimidin (Anonim, 2004).

#### **G. Bakteri Probiotik Penghasil Asam Laktat**

Mikroorganisme yang memfermentasikan bahan pangan khususnya dalam pembuatan minuman fermentasi adalah bakteri pembentuk asam laktat (bakteri asam laktat). Bakteri ini menghasilkan sejumlah besar asam laktat sebagai hasil dari metabolisme gula (karbohidrat). Asam laktat yang dihasilkan dengan cara tersebut akan menurunkan nilai pH dari lingkungan pertumbuhannya dan menimbulkan rasa asam. Bakteri asam laktat (BAL) dikenal memiliki peran

penting pada kehidupan manusia, karena terlibatnya dalam berbagai makanan fermentasi maupun keberadaanya di jalur intestin. Kemampuan bakteri ini untuk tumbuh di jalur intestin dapat digunakan untuk menjaga keseimbangan mikroflora intestin. Sehingga tubuh tidak mudah terserang infeksi patogen interik. Potensi inilah yang menjadi alasan bakteri asam laktat, khususnya *Lactobacillus* digunakan sebagai agensi probiotik (Buckle dkk., 1987).

Istilah probiotik diartikan bakteri hidup yang diberikan sebagai suplemen makanan yang mempunyai pengaruh menguntungkan pada kesehatan baik pada manusia maupun hewan, dengan memperbaiki keseimbangan mikrofora intestinal. Probiotik yang efektif harus memenuhi beberapa kriteria yaitu : 1) memberikan efek kesehatan yang menguntungkan pada inangnya, 2) tidak patogenik dan tidak toksik, 3) mengandung sejumlah besar sel hidup, 4) mampu bertahan dan melakukan kegiatan metabolisme dalam usus, 5) tetap hidup selama penyimpanan dan dalam waktu yang digunakan, 6) mempunyai sifat sensori yang baik, 7) diisolasi dari inangnya. Selain itu kriteria strain probiotik antara lain tahan terhadap asam lambung dan empedu, mampu melekat pada mukosa usus, antagonis terhadap patogen, dan memproduksi antimikroba (Surono, 2004).

Beberapa persyaratan yang diperlukan untuk menjadikan strain bakteri asam laktat sebagai agensia probiotik adalah bahwa strain tersebut merupakan mikroflora alami jalur pencernaan manusia, tumbuh dan tetap hidup pada makanan sebelum dikonsumsi, tetap hidup walaupun melewati jalur pencernaan, memiliki resistensi terhadap asam lambung, beberapa antibiotik, terhadap lisosim, dapat tumbuh pada intestin dan memiliki kemampuan menempel pada sel epithel

intestin manusia, memberi efek yang menguntungkan pada usus, memproduksi asam dalam jumlah besar dan cepat, mampu menghasilkan komponen antimikrobia lain di samping asam (bakteriosin, hidrogen peroksida, diasetil dan reuterin) yang efektif menghambat bakteri lain yang tidak dikehendaki, khususnya bakteri pathogen (Suroño, 2004).

#### **H. Deskripsi dan Kedudukan Taksonomi Bakteri *Lactobacillus plantarum***

*Lactobacillus plantarum* adalah bakteri berbentuk batang, Gram positif dan sering berbentuk pasangan dan rantai dari sel-selnya. Jenis ini umumnya lebih tahan terhadap keadaan asam dari pada jenis-jenis *Pediococcus* atau *Streptococcus* dan oleh karenanya menjadi lebih banyak terdapat pada tahapan terakhir dari fermentasi tipe asam laktat. Bakteri ini penting sekali dalam fermentasi susu dan sayuran (Suprihatin, 2010). *Lactobacillus plantarum* pada umumnya berukuran 0,6-0,8  $\mu\text{m}$  x 1,2-6,0  $\mu\text{m}$ , berantai tunggal atau banyak dan pendek. Bakteri ini bersifat katalase negatif, tidak berspora, tidak mereduksi nitrat menjadi nitrit, tidak memproduksi  $\text{NH}_3$  dari arginine, bersifat fakultatif aerob, dan tumbuh optimum pada suhu 30-35° C tetapi tidak dapat tumbuh pada suhu 7°C (Gilliland, 1986).

Berikut adalah kedudukan taksonomi dari *Lactobacillus plantarum* menurut Hoover (1993),

Kingdom	= Bacteria
Filum	= Firmicutes
Kelas	= Bacili
Ordo	= Lactobacillales
Famili	= Lactobacillaceae
Genus	= <i>Lactobacillus</i>
Spesies	= <i>Lactobacillus plantarum</i>



Bakteri *Lactobacillus plantarum* berperan dalam pembentukan asam laktat, penghasil hidrogen peroksida tertinggi jika dibanding bakteri asam laktat lain, dan mampu menghasilkan bakteriosin yang merupakan senyawa protein dengan efek bakteriosidal (Buckle dkk., 1987). Fermentasi glukosa oleh bakteri ini bersifat homofermentatif sehingga tidak akan menghasilkan gas. Jenis karbohidrat yang dapat difermentasi oleh bakteri *Lactobacillus plantarum* meliputi fruktosa, glukosa, sukrosa, maltosa, laktosa, galaktosa, sorbitol, dekstrin, dan manitol (Gilliland, 1986).

### **I. Proses Fermentasi Asam Laktat**

Fermentasi adalah suatu aktifitas mikroorganisme terhadap senyawa molekul organik kompleks seperti protein, karbohidrat, dan lemak yang mengubah senyawa-senyawa tersebut menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana, mudah larut dan pencernaan tinggi. Fermentasi dapat terjadi karena adanya aktivitas mikroba penyebab fermentasi pada substrat organik yang sesuai.

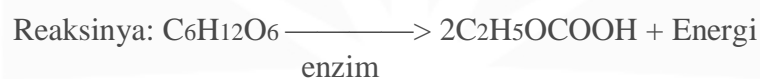
Asam laktat merupakan bahan kimia serbaguna yang digunakan sebagai:

1). Asidulan, aroma dan pengawet dalam industri makanan, obat-obatan, dan tekstil, 2). Produksi bahan kimia dasar, dan 3). Polimerisasi bahan yang mudah dirombak yaitu *poly lactic acid* (PLA) (Kusumaningrum, 2011).

Bakteri asam laktat homofermentatif mampu menghasilkan enzim fruktosa difosfat aldolase, sedangkan bakteri asam laktat heterofermentatif tidak mampu menghasilkan enzim tersebut tetapi bakteri asam laktat heterofermentatif mampu menghasilkan glukosa 6 fosfat dehidrogenase dan 6 fosfat glukonat dehidrogenase sehingga mempunyai jalur pembentukan asam laktat yang berbeda. Pada

heterofermentatif, tidak ada aldolase dan heksosa isomerase tetapi menggunakan enzim fosfoketolase dan menghasilkan  $\text{CO}_2$ . Metabolisme heterofermentatif dengan menggunakan heksosa (golongan karbohidrat yang terdiri dari 6 atom karbon) akan melalui jalur heksosa monofosfat atau pentosa fosfat. Sedangkan homofermentatif melibatkan aldolase dan heksosa aldolase namun tidak memiliki fosfoketolase serta hanya sedikit atau bahkan sama sekali tidak menghasilkan  $\text{CO}_2$ . Jalur metabolisme dari yang digunakan pada homofermentatif adalah lintasan Embden-Meyerhof-Parnas (Irawati, 2011).

Berdasarkan hasil akhir fermentasinya, fermentasi dibedakan menjadi fermentasi asam laktat/asam susu dan fermentasi alkohol. Reaksi fermentasi asam laktat dapat dilihat pada Gambar 6.



Prosesnya :



2. Dehidrogenasi asam piruvat akan terbentuk asam laktat.



Energi yang terbentuk dari glikolisis hingga terbentuk asam laktat :

$$8\text{ ATP} - 2\text{ NADH}_2 = 8 - 2(3\text{ ATP}) = 2\text{ ATP}$$

Gambar 5. Reaksi Fermentasi Asam Laktat  
(Irawati, 2011)

Proses fermentasi asam laktat oleh *Lactobacillus plantarum* dijelaskan sebagai berikut. Pada mulanya, glukosa diubah menjadi asam piruvat. Selanjutnya, asam piruvat akan dikonversi menjadi komponen asam laktat oleh

enzim laktat dehydrogenase melalui jalur Embden Meyerhoff Parnas (EMP) (Tamime dan Robinson, 1989).

#### **J. Nutrisi Pertumbuhan Bakteri Asam Laktat**

Unsur kimia untuk pertumbuhan sel yaitu Karbon, Nitrogen, Oksigen, Sulfur, Fosfor, Magnesium, Zat besi, dan sejumlah kecil logam lainnya. Karbon dan sumber energi untuk mikroorganisme dapat diperoleh dari berbagai jenis gula karbohidrat sederhana. Kebutuhan nitrogen dapat diperoleh dari sumber anorganik berupa garam amonium, atau garam fosfat (Zubaidah dkk., 2008). Sumber karbon utama dalam proses fermentasi adalah gula. Salah satu jenis gula yang dapat dijadikan substrat adalah glukosa. Glukosa merupakan jenis gula yang paling mudah digunakan oleh bakteri sebagai sumber karbon jika dibandingkan dengan jenis gula lainnya (Silalahi dkk., 2008).

Nitrogen merupakan salah satu sumber alami yang sangat diperlukan dalam proses fermentasi asam laktat. Penambahan nitrogen ke dalam medium akan meningkatkan jumlah polisakarida yang terbentuk. Sumber nitrogen yang dapat digunakan misalnya ammonium fosfat, ekstrak khamir, dan pepton (Williems dan Wimpeny, 1977). Ammonium dihidrogen fosfat ( $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ) merupakan bahan yang sangat cocok untuk sumber nitrogen karena bahan ini memiliki kandungan nutrisi yang tinggi, memiliki kelarutan yang tinggi, dan bersifat stabil selama penyimpanan (Presscott dan Dunn, 1959).

### **Hipotesis**

1. Variasi konsentrasi ekstrak buah naga merah memberikan perbedaan pengaruh terhadap kualitas (sifat fisik, kimia, mikrobiologis, dan organoleptik) serta aktivitas antioksidan minuman probiotik yang dihasilkan.
2. Konsentrasi ekstrak buah naga merah 50% menghasilkan minuman probiotik dengan kualitas terbaik.
3. Semakin tinggi (konsentrasi 100%) ekstrak buah naga yang digunakan, maka semakin tinggi aktivitas antioksidan minuman probiotik yang dihasilkan.